

Morfologia do aparato hióide de algumas espécies de odontocetos do sul do Brasil

Dan Jacobs Pretto^{1,2*}

Gabriela Oliveira¹

Maurício Eduardo Graipel¹

Paulo César Simões-Lopes¹

¹Laboratório de Mamíferos Aquáticos, Depto. de Ecologia e Zoologia
Universidade Federal de Santa Catarina
CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil

²Centro Mamíferos Aquáticos, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

*Autor para correspondência
djpretto@hotmail.com

Submetido em 23/06/2008

Aceito para publicação em 13/10/2008

Resumo

O aparato hióide dos odontocetos serve como principal ponto de fixação de músculos e ligamentos que subsidiam a respiração, a produção de sons e a alimentação. No entanto, a maior parte da literatura anatômica desconsidera os ossos dessa região apresentando apenas descrições osteológicas gerais sem considerar os aspectos comparativos. Neste trabalho procurou-se determinar as variações intra e interespecíficas dos elementos ossificados do aparato hióide de seis espécies de odontocetos. Foram estudados 96 aparatos hióides das seguintes espécies: *Phocoena spinipinnis* (n = 1), *Pontoporia blainvillei* (n = 20), *Sotalia guianensis* (n = 37), *Stenella frontalis* (n = 13), *Steno bredanensis* (n = 6) e *Tursiops truncatus* (n = 19). Dentre as seis espécies analisadas, *P. spinipinnis*, *P. blainvillei* e *S. guianensis* apresentaram características diagnósticas evidentes, sendo que as demais foram mais bem descritas por variações morfométricas levando em conta o conjunto de ossos do aparato hióide. Variações intraespecíficas foram registradas com maior amplitude em *T. truncatus*, sendo que *S. guianensis* apresentou dimorfismo sexual. A morfologia do aparato hióide mostrou-se importante na caracterização e diferenciação de todas as espécies estudadas.

Unitermos: ossos, anatomia, cetáceos, morfometria, variação intra e interespecífica

Abstract

Morphology of the hyoid apparatus of some species of odontocetes from southern Brazil. The hyoid apparatus of odontocetes serves as a major attachment point for the muscles and ligaments that subserve breathing, sound production and swallowing. However, most of the literature on anatomy does not consider the bones of this region, presenting general osteological descriptions without considering the comparative aspects. This study sought to determine the intra and interspecific variations of the ossified hyoid apparatus elements from six species of odontocetus. We studied 96 hyoid apparatuses from the following species: *Phocoena spinipinnis* (n = 1), *Pontoporia blainvillei* (n = 20), *Sotalia guianensis* (n = 37), *Stenella frontalis* (n = 13), *Steno bredanensis*

($n = 6$) and *Tursiops truncatus* ($n = 19$). Among the six species analyzed, *P. spinipinnis*, *P. blainvillei* and *S. guianensis* presented a diagnostic feature of this apparatus, while the others were best described morphometrically when considering all the hyoid apparatus bones. Intraspecific variation was registered with greater amplitude in *T. truncatus*, while *S. guianensis* showed sexual dimorphism. The morphology of the hyoid apparatus proved to be important in the differentiation and characterization of all studied species.

Key words: Bones, anatomy, cetacean, morphometric, intra and interspecific variation

Introdução

Nos mamíferos, os ossos hióides estão posicionados na junção dos tratos respiratório e digestório, uma área multifuncional que subsidia a respiração, a produção de sons e a alimentação (Gasc, 1967). Nos cetáceos odontocetos, este conjunto apresenta uma estrutura padronizada, sendo composto basicamente por uma parte basal e outra suspensória. A parte basal é formada pelo osso basihial e pelo par de tirohiais, enquanto que a suspensória constitui-se em duas séries de ossos ligadas ao basihial, formadas pelos ceratohiais, epihiais, estilohiais e timpanohiais. Desta estrutura suspensa, apenas os estilohiais estão ossificados, sendo os outros elementos formados por cartilagem raramente mineralizada (Reidenberg e Laitman, 1994).

Embora citado em algumas descrições osteológicas (Flower, 1872; Thorpe, 1938; Hale, 1947; Omura, 1957; Ferreira e Praderi, 1973; Bittencourt, 1983), o aparato hióide dos cetáceos raramente aparece como objeto específico de estudo na literatura. Análises comparativas foram realizadas por Omura (1964) e Satake e Omura (1974) em hióides de misticetos, e por Reidenberg e Laitman (1994) em odontocetos, porém, desde então, o assunto foi pouco abordado.

O aparato hióide de mamíferos de outras ordens, como morcegos (Griffiths et al., 1992) e felinos (Peters e Hast, 1994; Weissengruber et al., 2002), vem sendo investigado e seus caracteres considerados de valor taxonômico. No caso dos cetáceos, as informações sobre o assunto são bastante escassas e estão dispersas na literatura. Este trabalho tem como principal objetivo caracterizar o aparato hióide de seis espécies de odontocetos com ocorrência no sul do Brasil, permitindo futuras comparações com outras espécies.

Material e Métodos

Os elementos ósseos (basihial, tirohial e estilohial) do aparato hióide de seis espécies de odontocetos (96 exemplares), incluídas em três famílias, foram analisados: Phocoenidae: *Phocoena spinipinnis* Burmaister, 1865 ($n = 1$); Pontoporiidae: *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny, 1844) ($n = 20$); Delphinidae: *Sotalia guianensis* (P. J. van Bénédén, 1864) ($n = 37$); *Stenella frontalis* (G. Cuvier, 1829) ($n = 13$); *Steno bredanensis* (Lesson, 1828) ($n = 6$) e *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) ($n = 19$). Os exemplares estudados foram obtidos através da dissecação de animais encontrados mortos em praias ao longo da costa sul do Brasil e estão depositados na Coleção Científica de Mamíferos do Departamento de Ecologia e Zoologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

A determinação dos ossos que compõem este aparato seguiu Gasc (1967), Rommel (1990) e Reidenberg e Laitman (1994). A terminologia utilizada para os elementos ósseos foi adaptada apenas de Reidenberg e Laitman (1994), onde foi bem estabelecida a homologia com os artiodáctilos, grupo de estreita relação filogenética com os cetáceos (Price et al., 2005) (Figura 1).

As medidas foram tomadas com paquímetro de precisão (0,05mm) e seguiram Satake e Omura (1974), Perrin (1975) e Bittencourt (1983) (Figura 2).

A análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis foi utilizada para testar a existência de diferença intra e/ou interespecífica entre as medidas do aparato hióide. Este teste foi escolhido devido à presença de variâncias desiguais nas amostras. O teste de Dunn foi utilizado para comparação múltipla entre as amostras de cada espécie para as medidas do aparato hióide (Zar, 1999).

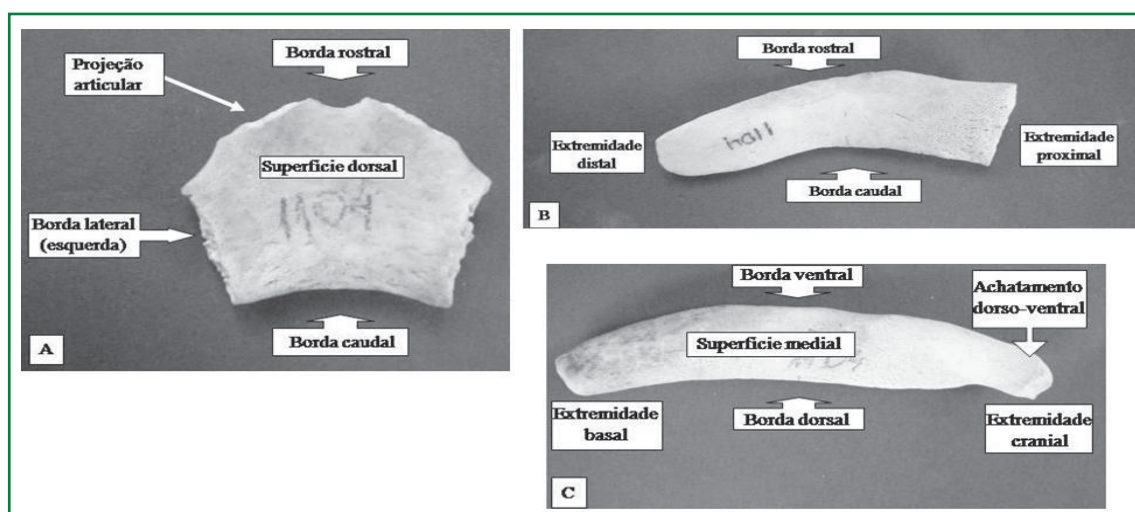


FIGURA 1: Terminologia adaptada de Reidenberg e Laitman (1994) para os elementos ósseos do aparato hióide de odontocetos. (A) Basihial, em vista dorsal; (B) Tirohial esquerdo, em vista dorsal, e (C) Estilohial esquerdo, em vista medial.

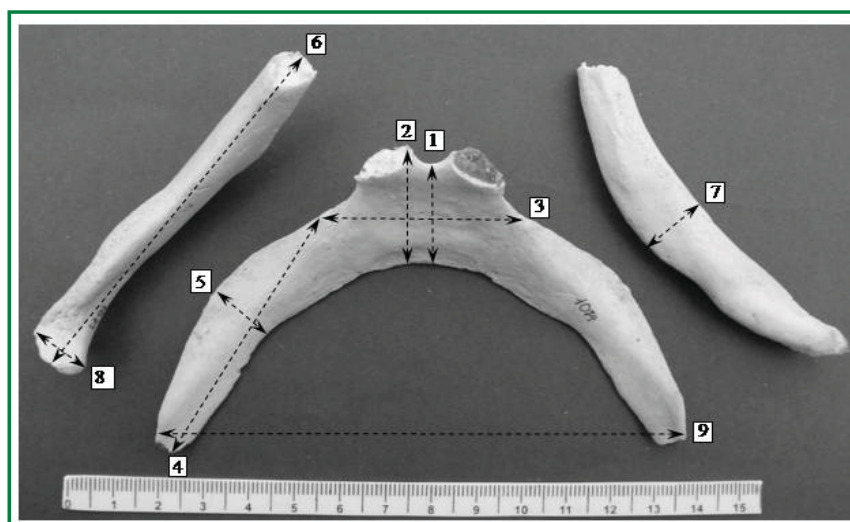


FIGURA 2: Aparato hióide de *Sotalia guianensis* (UFSC 1079) indicando as medidas utilizadas neste trabalho: (1) comprimento ao centro do basihial – da borda rostral à caudal, inclusive nos exemplares com projeções articulares unidas ao centro; (2) maior comprimento do basihial – extremidade da maior projeção articular até a borda caudal, apenas nos exemplares com projeções articulares separadas; (3) maior largura do basihial – transversalmente, entre as extremidades das bordas laterais e quando fundidas aos tirohiais, entre as marcas das suturas desta junção; (4) comprimento do tirohial – entre as extremidades distal e proximal, e quando esta estiver fundida, da marca de sua sutura; (5) largura ao centro do tirohial – da borda rostral à caudal; (6) comprimento do estilohial – entre as extremidades basal e cranial; (7) largura ao centro do estilohial – da borda ventral à dorsal; (8) largura da extremidade cranial do estilohial – transversalmente, no achatamento dorso-ventral; (9) comprimento total dos ossos basais fusionados – entre as extremidades distais dos tirohiais. Basihial e tirohiais em vista dorsal, estilohial esquerdo em vista dorsal e direito em vista medial.

Para verificar existência de diferença significativa entre o maior comprimento e a maior largura do basihial (medidas 2 e 3) em *P. blainvillei*, *S. guianensis* e *T. truncatus*, foi utilizado o teste “t” para amostras pareadas (Zar, 1999). As demais espécies não apresentaram número de indivíduos com dados pareados suficientes para análise.

A variabilidade das amostras poderia estar principalmente relacionada a três fatores: desenvolvimento, dimorfismo sexual e polimorfismo. Quando associadas ao desenvolvimento e/ou polimorfismo, a variabilidade entre amostras de diferentes espécies foi descrita através do coeficiente de variabilidade.

Para verificar a existência de dimorfismo sexual entre as medidas do aparato hióide de *S. guianensis*, *P. blainvillei* e *T. truncatus*, utilizou-se o teste “t” para as amostras que apresentavam distribuição normal (verificado através do teste de Shapiro-Wilk) e que não apresentavam variâncias desiguais. Caso contrário foi utilizado o teste de Mann-Whitney (Zar, 1999). O tamanho das amostras das demais espécies não apresentou número suficiente de exemplares com sexo identificado que permitisse a aplicação de testes estatísticos.

Os resultados de todas as análises estatísticas foram obtidos através do programa Bio-estat 3.0 (Ayres et al., 2003).

Resultados

Família Phocoenidae

Phocoena spinipinnis

O basiial do único exemplar analisado apresentava um aspecto hexagonal e medida de largura (52,9mm) ligeiramente maior que a de comprimento (47,65mm) (Figura 3). Sua borda rostral apresentava duas projeções bastante proeminentes, com facetas articulares separadas, enquanto sua superfície ventral possuía uma crista longitudinal, estendendo-se da metade do osso à borda caudal.

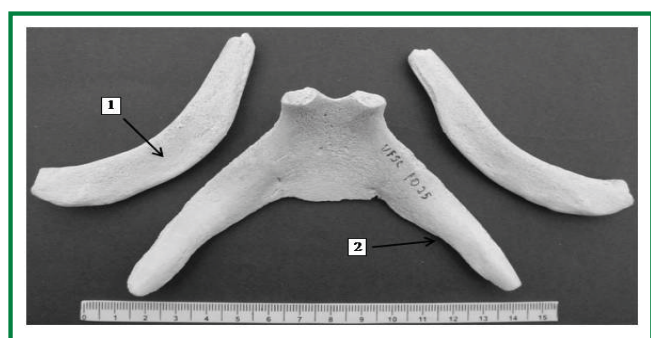


FIGURA 3: Aparato hióide de *Phocoena spinipinnis*. Ossos basais em vista dorsal e estilohiais em vista medial. (1) Superfície medial do estilohial totalmente plana; (2) Arqueamento sutil do tirohial.

Tirohiais com um leve estreitamento no sentido próximo-distal e um arqueamento sutil neste eixo. Estilohiais com um arqueamento acentuado no eixo

crânio-basal e um leve estreitamento neste sentido. Neste exemplar, estes ossos são totalmente achatados dorso-ventralmente, característica exclusiva dentre as espécies analisadas.

Família Pontoporiidae

Pontoporia blainvillei

O basiial apresentou aspecto retangular, verificando-se que a largura ($\bar{x} = 8,29\text{mm}$) foi significativamente maior que o comprimento ($\bar{x} = 16,84\text{mm}$) ($t = 15,292$; $gl = 14$; $p < 0,001$) (Figura 4). Sua borda rostral apresentava projeções articulares pouco salientes com facetas articulares separadas. A borda caudal possuía uma projeção central, característica exclusiva dentre as espécies analisadas.

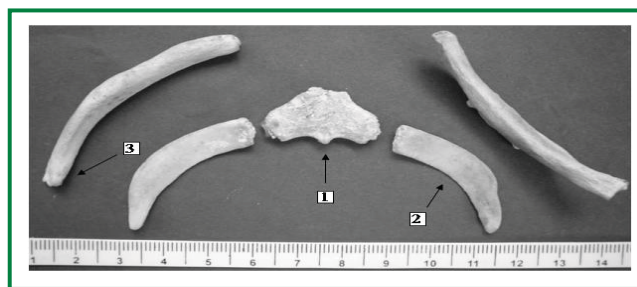


FIGURA 4: Aparato hióide de *Pontoporia blainvillei* (UFSC 1224). Ossos basais em vista dorsal, estilohial direito em vista dorsal e esquerdo ventral. (1) Projeção central na borda caudal do basiial; (2) Detalhe do arqueamento acentuado do tirohial; (3) Detalhe da região cranial do estilohial, evidenciando o sutil achatamento dorso-ventral no local.

Tirohiais geralmente apresentavam um leve estreitamento no sentido próximo-distal e um arqueamento acentuado neste eixo. Nesta espécie, apenas um indivíduo (5%) apresentava os tirohiais unidos ao basiial. Estilohiais com arqueamento acentuado no eixo crânio-basal e sua extremidade cranial possuía um achatamento dorso-ventral sutil.

Família Delphinidae

Sotalia guianensis

O basiial apresentou aspecto hexagonal, sendo que a largura ($\bar{x} = 33,86\text{mm}$) foi significativamente maior que o comprimento ($\bar{x} = 28,58\text{mm}$) ($t = 5,279$; $gl = 33$; $p < 0,001$) (Figura 5). Sua borda rostral possuía

duas projeções articulares pouco salientes com facetas articulares separadas. A superfície ventral geralmente apresentava uma crista longitudinal, estendendo-se da metade do osso à borda caudal.



FIGURA 5: Aparato hióide de *Sotalia guianensis* (UFSC 1079). Ossos basais e estilohial esquerdo em vista dorsal e estilohial direito em vista medial. (1) Curvatura na borda ventral do estilohial, característico da espécie; (2) Extensão medial da extremidade cranial do estilohial.

Tirohiais com leve estreitamento no sentido próximo-distal e geralmente com arqueamento acentuado neste eixo. Sua borda rostral possuía uma inflexão e geralmente apresenta curvatura acentuada no sentido ventral (Figura 6). Estilohiais geralmente com arqueamento acentuado no eixo crânio-basal e sua borda ventral é marcada por uma curvatura na região cranial do osso, característica exclusiva da espécie.

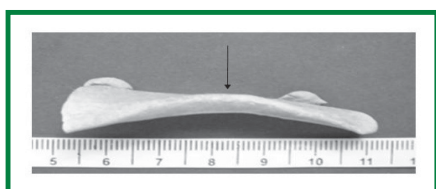


FIGURA 6: Tirohial direito de *Sotalia guianensis* (UFSC 1312) em vista rostral. Seta indicando a curvatura da borda rostral deste osso.

Stenella frontalis

Basihial com aspecto hexagonal, medindo 40,5mm de largura e 39,5mm de comprimento em média, respectivamente (Figura 7). Sua borda rostral possuía duas projeções extensas e geralmente unidas, porém com facetas articulares separadas. Em alguns indivíduos adultos, a superfície ventral apresentava uma crista longitudinal que se estendia da metade do osso à borda caudal.



FIGURA 7: Aparato hióide de *Stenella frontalis* (UFSC 1316). Conjunto basal em vista dorsal, estilohial esquerdo em vista ventral e o direito em vista medial. (1) Saliência ventro-lateral do estilohial; (2) Extensão lateral da extremidade cranial do estilohial.

Tirohiais geralmente apresentavam estreitamento sutil no sentido próximo-distal, verificando-se uma grande variação intraespecífica no grau de arqueamento destes ossos, predominando pequenos arqueamentos. Sua borda rostral geralmente apresentava uma curvatura sutil no sentido ventral. Estilohiais com arqueamento no eixo crânio-basal e uma pequena torção deste eixo, expondo assim uma saliência ventro-lateral na região medial destes ossos.

Steno bredanensis

Basihial com aspecto retangular, medindo 46,62mm de largura e 33,63mm de comprimento em média, respectivamente (Figura 8). Sua borda rostral apresentava tanto as projeções articulares, como as facetas articulares fundidas em uma só proeminência. Em alguns casos, entretanto, esta única projeção apresentou duas facetas articulares distinguíveis.

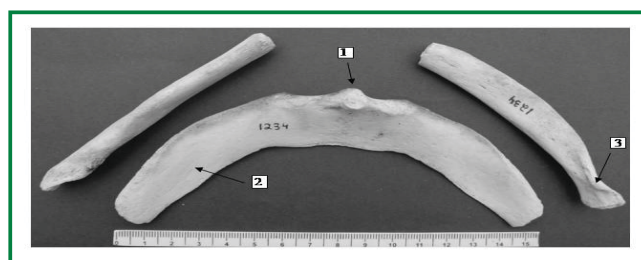


FIGURA 8: Aparato hióide de *Steno bredanensis* (UFSC 1234). Conjunto basal em vista dorsal, estilohial esquerdo em vista ventral e o direito em vista medial. (1) Detalhe da fusão das projeções articulares do basihial; (2) Aspecto retangular do tirohial; (3) Proeminência na borda medial da região cranial do estilohial.

Tirohiais com estreitamento sutil no sentido próximo-distal. Estes ossos não apresentavam arqueamento neste eixo. Estilohiais com arqueamento sutil no eixo crânio-basal e uma leve torção deste eixo, criando uma leve saliência ventro-lateral na região medial destes ossos. Na região do achatamento dorso-ventral há uma proeminência na borda medial e uma pequena extensão látero-medial da extremidade.

Tursiops truncatus

O basiial apresentou aspecto hexagonal, sendo que a medida de largura ($\bar{x} = 56,78\text{mm}$) foi significativamente maior que o comprimento ($\bar{x} = 49\text{mm}$) ($t = 5,747$; $gl = 15$; $p < 0,001$) (Figura 9). A borda rostral apresentava duas projeções articulares com grande variabilidade intraespecífica em termos de fusão e extensão (Tabela 1), mas sempre com suas facetas articulares separadas (Figura 10). Em alguns indivíduos adultos, a superfície ventral apresentava uma leve crista longitudinal, estendendo-se da metade do osso à borda caudal. Tirohiais com pequeno estreitamento e arqueamento no sentido próximo-distal e geralmente com uma leve inflexão na borda rostral. Estilohiais retilíneos. Na região cranial deste osso, além de uma pequena extensão látero-medial de sua extremidade, ocorre também uma inflexão na borda ventral, bastante evidente na maioria dos indivíduos.



FIGURA 9: Aparato hióide de *Tursiops truncatus* (UFSC 1317). Conjunto basal e estilohial esquerdo em vista dorsal e estilohial direito em vista medial. Seta indicando a inflexão da borda ventral do estilohial.

Observando a Tabela 1, verifica-se que o comprimento ao centro do basiial (medida 1) apresentou diferença significativa entre as espécies amostradas ($H =$

$53,053$; $gl = 4$; $p < 0,001$). A menor medida foi registrada para *P. blainvillei* diferindo das demais espécies ($p < 0,05$), enquanto que o comprimento ao centro do basiial de *S. guianensis* foi menor que os de *S. frontalis* e de *T. truncatus* ($p < 0,05$).

Verificou-se diferença significativa entre o maior comprimento do basiial (medida 2) ($H = 46,713$; $gl = 3$; $p < 0,001$), a largura ao centro do tirohial (medida 5) ($H = 49,828$; $gl = 4$; $p < 0,001$) e a largura da extremidade cranial do estilohial (medida 8) ($H = 58,418$; $gl = 4$; $p < 0,001$). Como foi averiguado para a medida 1, as medidas 2, 5 e 8 de *P. blainvillei* também foram menores que as das demais espécies ($p < 0,05$). Por outro lado, *T. truncatus* apresentou as medidas 2, 5 e 8 maiores que *S. guianensis* ($p < 0,05$) (Tabela 1).

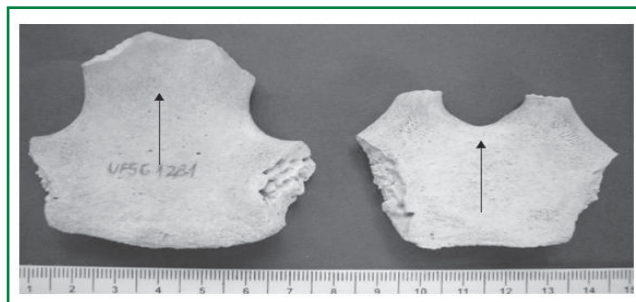


FIGURA 10: Basiial de dois indivíduos (UFSC 1281 e 1230) de *Tursiops truncatus*, em vista dorsal. Setas indicando as variações na fusão e extensão das projeções articulares deste osso.

A análise de Kruskal-Wallis apontou diferença significativa para a maior largura do basiial (medida 3) entre as amostras ($H = 44,067$; $gl = 4$; $p < 0,001$). *Pontoporia blainvillei* apresentou menores medidas em relação à *S. frontalis*, *S. bredanensis* e *T. truncatus* ($p < 0,05$). A medida 3 de *S. guianensis* também foi menor que de *T. truncatus* ($p < 0,05$) (Tabela 1).

Também foram registradas diferenças significativas para o comprimento do tirohial (medida 4) e comprimento do estilohial (medida 6) ($H = 37,766$; $gl = 4$; $p < 0,001$ / $H = 42,925$; $gl = 4$; $p < 0,001$, respectivamente), entre *P. blainvillei* e as demais espécies ($p < 0,05$), com exceção da medida 6 para *S. frontalis* ($p > 0,05$) (Tabela 1).

Pontoporia blainvillei apresentou a largura ao centro do estilohial (medida 7) menor que a das demais espécies ($p < 0,05$), enquanto em *T. truncatus* a medida 7 foi maior em relação à *S. guianensis* e *S. frontalis*,

Tabela 1: Média, desvio padrão (DP), coeficiente de variabilidade (CV), maior e menor valor morfométrico do aparato hióide das seis espécies analisadas. Medida 9 de *Pontoporia blainvillei* representa valor de apenas um indivíduo; ausência de valores para a medida 2 em *Steno bredanensis* se deve à fusão das projeções articulares no centro da borda rostral em todos os indivíduos; medidas: (1) comprimento ao centro do basihial, (2) maior comprimento do basihial, (3) maior largura do basihial, (4) comprimento do tirohial, (5) largura ao centro do tirohial, (6) comprimento do estilohial, (7) largura ao centro do estilohial, (8) largura da extremidade cranial do estilohial, e (9) comprimento total dos ossos basais fusionados; valores em milímetros.

Espécie	Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Pontoporia blainvillei</i>	Média	16,85 ^a *	16,95 ^a	28,30 ^a	40,63 ^a	9,19 ^a	57,27 ^a	8,15 ^a	7,08 ^a	-
	DP	3,29	3,32	4,84	6,67	1,72	9,38	1,52	0,99	-
	Maior	22,40	22,45	33,75	52,15	11,10	76,80	10,90	8,85	72,75
	Menor	9,70	9,10	15,65	22,80	4,30	32,85	4,40	5,10	-
	CV	19,5	19,6	17,1	16,4	18,7	16,4	18,7	14,0	-
<i>Sotalia guianensis</i>	Média	27,08 ^b	28,58 ^b	33,86 ^{ab}	56,12 ^b	12,55 ^b	76,53 ^b	12,37 ^b	12,68 ^b	110,85 ^a
	DP	4,43	5,18	6,33	9,67	2,26	9,57	1,85	2,04	2,01
	Maior	33,50	36,10	40,90	67,00	15,85	90,65	14,95	15,70	113,80
	Menor	15,10	15,10	16,15	28,80	6,30	43,20	6,00	6,55	108,30
	CV	16,4	18,1	18,7	17,2	18,0	12,5	15,0	16,1	1,8
<i>Stenella frontalis</i>	Média	36,14 ^c	39,56 ^{bc}	40,53 ^{bc}	58,12 ^b	14,97 ^{bc}	73,58 ^{ab}	12,15 ^b	14,25 ^{bc}	123,74 ^b
	DP	3,37	5,29	3,01	9,87	3,67	11,70	2,09	2,77	6,23
	Maior	41,60	44,25	46,10	66,40	21,00	82,10	16,25	18,15	136,40
	Menor	30,10	33,80	35,50	32,00	7,55	48,25	8,60	9,55	115,20
	CV	9,3	13,4	7,4	17,0	24,5	15,9	17,2	19,4	5,0
<i>Steno bredanensis</i>	Média	33,63 ^{bc}	-	46,62 ^{bc}	71,56 ^b	21,57 ^{bc}	100,41 ^b	13,17 ^{bc}	13,74 ^{bc}	153,29 ^b
	DP	5,07	-	6,42	15,47	5,09	16,87	1,95	1,76	5,44
	Maior	38,20	-	51,90	84,40	26,20	112,45	16,10	15,90	159,05
	Menor	25,30	-	36,65	45,60	13,70	70,80	11,25	11,00	146,30
	CV	15,1	-	13,8	21,6	23,6	16,8	14,8	12,8	3,5
<i>Tursiops truncatus</i>	Média	45,28 ^c	49,40 ^c	56,68 ^c	74,94 ^b	21,84 ^c	92,91 ^b	18,38 ^c	18,43 ^c	188,26 ^b
	DP	12,04	12,86	16,56	22,17	5,69	19,21	3,52	3,39	18,29
	Maior	65,80	66,90	80,70	108,80	30,40	123,30	24,25	22,70	216,70
	Menor	22,80	22,80	25,65	33,30	9,20	53,85	10,00	11,05	167,60
	CV	26,6	26,0	29,2	29,6	26,1	20,7	19,2	18,4	9,7

*Médias não seguidas de pelo menos uma letra igual em uma mesma coluna indica existência de diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

como foi verificado através do teste de Kruskal-Wallis ($H = 57,077$; $gl = 4$; $p < 0,001$) (Tabela 1).

O comprimento total dos ossos basais fusionados (medida 9) registrou diferença significativa ($H = 29,345$; $gl = 3$; $p < 0,001$) entre *S. guianensis* e as demais espécies ($p < 0,05$), exceção feita a *P. blainvillei* que não possuía tamanho amostral suficiente para análise.

Verificou-se dimorfismo sexual para a maioria das medidas do aparato hióide de *S. guianensis*, sendo a diferença significativa entre as médias de machos e

fêmeas para a medida 1 (26,2 / 29,2mm; $t = 2,091$; $gl = 26$; $p = 0,046$), medida 2 (27,4 / 31,1mm; $t = 2,227$; $gl = 26$; $p = 0,035$), medida 5 (11,9 / 13,8mm; $t = 2,808$; $gl = 25$; $p = 0,009$), medida 6 (73,8 / 81,4mm; $t = 3,264$; $gl = 25$; $p = 0,003$), medida 7 (11,6 / 13,6mm; $t = 5,255$; $gl = 25$; $p < 0,001$) e medida 8 (12,3 / 13,7mm; $t = 2,716$; $gl = 25$; $p = 0,012$).

Para *P. blainvillei* não se verificou dimorfismo sexual através do teste de Mann-Witney, que indicou ausência de diferença significativa para todas as medidas do aparato hióide ($p > 0,05$).

Resultado similar foi observado pelo mesmo teste para *T. truncatus* considerando as medidas 4, 5, 6, 7 e 8 ($p > 0,05$).

Discussão

Metade das espécies estudadas (*P. spinipinnis*, *P. blainvillei* e *S. guianensis*) possuem características morfológicas particulares e únicas, principalmente quando considerados exemplares em estágios mais avançados de desenvolvimento ontogenético. Mesmo naquelas onde as diferenças foram mais sutis, as análises morfométricas dos três ossos do aparato hióide em conjunto possibilitaram uma distinção segura. Omura (1964), ao elaborar uma chave de identificação com base nos hióides, encontrou igualmente certa dificuldade para separar duas espécies de misticetos de sua amostra. Na chave, o autor reconheceu as espécies principalmente através da proporção gerada entre algumas medidas dos ossos basais fusionados e o tamanho corpóreo total dos indivíduos. Entretanto, foi necessário empregar os caracteres morfológicos do estilohial como alternativa para reforçar as conclusões de seu trabalho.

Entre as cinco espécies analisadas estatisticamente, *P. blainvillei* apresentou as menores médias de todas as medidas, sendo as diferenças significativas ($p < 0,05$), com exceção da maior largura do basiial (medida 3) para *S. guianensis*, e do comprimento do estilohial (medida 6) para *S. frontalis* ($p > 0,05$), que foram menores nessas espécies.

Por outro lado, *T. truncatus* apresentou medidas maiores ($p < 0,05$) do comprimento ao centro do basiial (medida 1), maior comprimento do basiial (medida 2), maior largura do basiial (medida 3), largura ao centro do tirohial (medida 5) e largura da extremidade cranial do estilohial (medida 8) em relação a *P. blainvillei* e *S. guianensis*; de modo similar para comprimento do tirohial (medida 4) e o comprimento do estilohial (medida 6) em relação a *P. blainvillei* e a largura ao centro do estilohial (medida 7) em relação a *P. blainvillei*, *S. guianensis* e *S. frontalis*. Essas diferenças provavelmente estão relacionadas ao tamanho corpóreo já que indivíduos adultos de ambos os sexos de *T. truncatus* e *S. bredanensis* são maiores que dois metros e meio de comprimento e alcançam mais de 150kg, e

nas demais espécies são menores do que dois metros e meio (<140kg) (Reeves et al., 2002).

Em *S. guianensis*, apenas as médias de duas medidas foram significativamente menores do que as de *S. frontalis* ($p < 0,05$): a medida 1, que foi associada à morfologia dos processos articulares do basiial (os quais são unidos em *S. frontalis* e separados em *S. guianensis*), e a medida 9 (comprimento total dos ossos basais fusionados). As demais medidas não apresentaram diferença significativa entre essas duas espécies ($p > 0,05$).

Sotalia guianensis apresentou média da medida 9 significativamente menor que de *S. bredanensis* ($p < 0,05$), e isto deve refletir unicamente a diferenças de tamanho entre essas espécies.

As características morfológicas dos três ossos do aparato hióide corresponderam à maioria das descrições da literatura para diversas espécies de odontocetos (Flower, 1872; Thorpe, 1938; Hale, 1947; Omura, 1957; Ferreira e Praderi, 1973; Bittencourt, 1983; Reidenberg e Laitman, 1994). No entanto, alguns estudos evidenciaram variações morfológicas do osso tirohial para espécies não incluídas neste trabalho. Hale (1947), Ferreira e Praderi (1973) e Reidenberg e Laitman (1994), observaram que o tirohial de *Kogia breviceps* possui um formato ovóide e não retangular (mais comum), enquanto que Pretto (2004) observou que o tirohial de *Globicephala melas* apresenta um estreitamento acentuado no sentido proximal-distal, a partir da região medial do osso.

Reidenberg e Laitman (1994) observaram que ocorrem grandes variações no grau de fusão e extensão das projeções articulares do basiial, sendo que na grande maioria dos odontocetos os processos articulares são separados. Estas observações corroboram os resultados encontrados neste trabalho, onde a maioria das espécies apresentou projeções articulares do basiial separadas. As únicas exceções (processos articulares do basiial em contato) foram *S. frontalis* e *S. bredanensis*. Tais diferenças foram igualmente confirmadas estatisticamente. Estas duas espécies são geralmente consideradas oceânicas. *S. bredanensis* ocupa águas distantes da costa em praticamente todo mundo, talvez exceto no Mediterrâneo (Miyazaki e Perrin, 1994). Já *S. frontalis* usa a plataforma continental e o talude em diferentes profundidades, porém dificilmente

pode ser considerada uma espécie costeira (Perrin et al., 1994; Moreno et al., 2004). As demais espécies (*P. blainvillei*, *P. spinipinnis*, *S. guianensis* e *T. truncatus*) são geralmente costeiras ao longo do Atlântico Sul-ocidental, embora *T. truncatus* também possa ser encontrado em profundidades maiores. A separação dos processos articulares do basihial nas espécies com hábitos costeiros e o contato entre esses processos nas espécies oceânicas ou nas que usam a plataforma continental (mas raramente águas muito rasas), poderia estar relacionada às diferenças nos hábitos alimentares, mais especificamente, ao tipo de presa consumida e/ou as diferentes formas de deglutição. Porém, pouco se sabe sobre a dieta dessas espécies no sul e sudeste do Brasil (e.g., Di Benedetto et al., 2001; Santos et al., 2002).

Reidenberg e Laitman (1994) verificaram que as maiores separações destes processos ocorreram em exemplares de *Mesoplodon mirus* e *T. truncatus*. Esta última espécie apresentou maior variação intraespecífica no presente estudo, tanto na forma quanto no tamanho dos ossos. Entretanto, a variação morfométrica, neste caso, está diretamente relacionada com a heterogeneidade da amostra quanto à idade. O fato de *P. blainvillei* apresentar apenas um indivíduo (5%) com os ossos basais fusionados pode estar relacionado à atividade de pesca costeira e o conseqüente emalhe de indivíduos jovens em redes de pesca no litoral sul do país (Pinedo, 1994; Ott et al., 2002), uma vez que a maior parte dos indivíduos da amostra é proveniente de animais mortos em rede. Entretanto, estudos com este enfoque não existem para *S. guianensis*, que apresentou fusão dos ossos basais em 75% dos indivíduos amostrados.

Reidenberg e Laitman (1994) observaram que o processo articular do basihial de *Inia geoffrensis* (Iniidae) é relativamente curto se comparado às demais espécies de seu estudo. A mesma característica foi observada neste trabalho para todos os indivíduos de *P. blainvillei* (Pontoporiidae), o que reforça as relações filogenéticas entre essas famílias como foi proposto por Cassens et al. (2000).

Omura (1964) verificou que o basihial e os tirohiais de *Eubalaena glacialis* estão plenamente unidos antes da maturidade sexual e nenhum vestígio desta fusão é visível quando o indivíduo atinge este estágio. O mesmo

autor cita em seu trabalho anterior (Omura, 1958 apud Omura, 1964) que um exemplar desta mesma espécie apresentou suturas ainda visíveis da fusão basihial/tirohiais, porém, tratava-se de um espécime sexualmente imaturo. Satake e Omura (1974) em estudo posterior sobre baleias minke (*Balaenoptera acutorostrata* e *B. bonaerensis*) admitem haver a possibilidade de crescimento ântero-posterior dos ossos fusionados após a maturação sexual do indivíduo, porém, recomendam mais estudos neste sentido. Dessa forma, Pretto (2004), estudando o aparato hióide de odontocetos, verificou em *S. guianensis* que o início da fusão basihial/tirohiais se sobrepõe ao estágio de maturação sexual e termina somente após atingir o dobro da idade da maturação sexual da espécie. No mesmo sentido, Reidenberg e Laitman (1994) observaram uma ligação cartilaginosa entre o basihial e os tirohiais em indivíduos adultos de *Physeter macrocephalus*, *Kogia breviceps*, *K. simus* e *Mesoplodon mirus*. Segundo estes autores, o fato de haver diversos graus de ossificação parece estar relacionado à estabilidade para inserções de músculos e/ou à estabilidade e mobilidade do próprio aparato. As regiões cartilaginosas proporcionam um apoio mais instável para a inserção de músculos do que as regiões ósseas. Portanto, podem existir variações intra ou interespecíficas no grau de ossificação dos elementos ósseos ou cartilaginosos do aparato hióide (Howes, 1880 apud Reidenberg e Laitman, 1994; Howell, 1927 apud Reidenberg e Laitman, 1994; Oelschläger, 1986; Reidenberg e Laitman, 1994).

Embora não se tenha considerado aqui a musculatura diretamente envolvida com o aparato hióide dos odontocetos, sugere-se uma investigação mais detalhada neste sentido. À exceção da grande contribuição de Reidenberg e Laitman (1994), que apontam o aparato hióide como um importante centro de adesão para músculos e ligamentos responsáveis por diversas funções anatômicas, nenhum outro estudo foi realizado neste sentido de forma sistemática. Estudos com um viés semelhante vêm sendo realizados com outros mamíferos como em preguiças (Naples, 1986), ratos (Nakano et al., 1988) e morcegos (Griffiths et al., 1992), indicando que o assunto merece uma melhor abordagem para os cetáceos.

Agradecimentos

Paulo C. Simões-Lopes agradece a bolsa do CNPq/PQ (processo 304698/2006-7).

Referências Bibliográficas

- Ayres, M.; Ayres Jr., M.; Ayres, D. L.; Santos, A. S. 2003. **BioEstat 3.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Sociedade Civil Mamirauá/CNPq, Brasília, Brasil, 291pp.
- Bittencourt, M. L. 1983. *Orcinus orca*, “baleia assassina” (Cetacea, Delphinidae): Primeiro registro para o litoral norte catarinense, com notas osteológicas. **Arquivo de Biologia e Tecnologia**, 26 (1): 77-103.
- Cassens, I.; Vicario, S.; Waddell, V. G.; Balchowsky, H.; Van Belle, D.; Ding, W.; Fan, C.; Lal Mohan, R. S.; Simões-Lopes, P. C.; Bastida, R.; Meyer, A.; Stanhope, M. J.; Milinkovitch, M. 2000. Independent adaptation to riverine habitats allowed survival of ancient cetacean lineages. **Proceedings of the National Academy of Science**, 97 (21): 11343-11347.
- Di Benedetto, A. P. M.; Ramos, R. M. A.; Lima, N. R. W. 2001. **Os golfinhos: origem, classificação, captura acidental e hábito alimentar**. Cinco Continentes, Porto Alegre, Brasil, 147pp.
- Ferreira, R. V.; Praderi, R. 1973. Un nuevo ejemplar de *Kogia breviceps* (Blainville), (Cetacea, Physeteridae) del Atlántico Sudoccidental. Caracteres y notas. **Resumos do V Congresso Latinoamericano de Zoologia**, Montevideo, Uruguai, p. 261-277.
- Flower, W. H. 1872. On the recent ziphioid whales, with a description of the skeleton of *Berardius arnouxii*. **Transactions of the Zoological Society of London**, 8: 203-234.
- Gasc, P. J. 1967. Squelette hyobranchial. In: Grassé, P. (Ed.). **Traité de Zoologie: Anatomie, Systematique, Biologie**. Masson et Cie Editeurs, Paris, France, p.550-583.
- Griffiths, T. A.; Truelsen, A.; Sponholtz, P. J. 1992. Systematics of megadermatid bats (Chiroptera, Megadermatidae), based on hyoid morphology. **American Museum Novitates**, 3041: 1-21.
- Hale, H. 1947. The pigmy sperm whale (*Kogia breviceps*, Blainville) on South Australian coasts. **Records of South Australian Museum**, 3 (4): 531-546.
- Miyazaki, N.; Perrin, W. F. 1994. Rough-toothed dolphin *Steno bredanensis* (Lesson, 1828). In: Ridgway, S. H. & Harrison, Sir R. (Eds). **Handbook of Marine Mammals. Volume 5: The first book of dolphins**. Academic Press Inc., London, UK, p.1-21.
- Moreno, I. B.; Zerbini, A. N.; Danilewicz, D.; Santos, M. C. O.; Simões-Lopes, P. C.; Lailson-Brito Jr, J.; Azevedo, A. F.; 2005. Distribution and habitat characteristics of dolphins of the genus *Stenella* (Cetacea: Delphinidae) in the southwest Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, 300: 229-240.
- Nakano, T.; Muto, H.; Yoshioka, I. 1988. Anatomical studies in the hyoid region of the mouse in term of evolutionary importance. **Anatomischer Anzeiger**, 167: 105-112.
- Naples, V. L. 1986. The morphology and function of the hyoid region in the tree sloths, *Bradypus* and *Choloepus*. **Journal of Mammalogy**, 67 (4): 712-724.
- Oelschläger, H. A. 1986. Tympanohyal bone in toothed whales and the formation of the tympano-periotic complex (Mammalia, Cetacea). **Journal of Morphology**, 188: 157-165.
- Omura, H. 1957. Osteological study of the little piked whale from the coast of Japan. **Scientific Reports of the Whales Research Institute**, 12: 1-21.
- Omura, H. 1964. A systematic study of the hyoid bones in the whales. **Scientific Reports of the Whales Research Institute**, 18: 149-170.
- Ott, P. H.; Secchi, E. R.; Moreno, I. B.; Danilewicz, D.; Crespo, E. A.; Bordino, P.; Ramos, R.; Di Benedetto, A. P.; Bertozzi, C.; Bastida, R.; Zanelatto, R.; Perez, J.; Kinas, P. G. 2002. Report of the working group on fishery interactions. **The Latin American Journal of Aquatic Mammals (Special Issue 1)**, 1 (1): 11-20.
- Perrin, W. F. 1975. Variation of spotted and spinner porpoise (genus *Stenella*) in the eastern Pacific and Hawaii. **Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California**, 21: 1-206.
- Perrin, W. F.; Caldwell, D. K.; Caldwell, M. C. 1994. In: Ridgway, S. H. & Harrison, Sir R. (Eds). **Handbook of Marine Mammals. Volume 5. The first book of dolphins**. Academic Press Inc., London, UK, p.173-190.
- Peters, G.; Hast, M. 1994. Hyoid structure, laryngeal anatomy, and vocalization in felids (Mammalia: Carnivora: Felidae). **Zeitschrift für Säugetierkunde**, 59: 87-104.
- Pinedo, M. C. 1994. Impact of incidental fishery mortality on the age structure of *Pontoporia blainvillei* in southern Brazil and Uruguay. **Reports of International Whaling Commission, (Special Issue 15)**: 261-264.
- Pretto, D. J. 2004. **Estudo do aparato hióide de odontocetos (Mammalia, Cetacea) do sul do Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 59pp.
- Price, S. A.; Binida-Emmons, O. R. P.; Gittlemann, J. L. 2005. A complete phylogeny of whales, dolphins and even-toed hoofed mammals (Cetartiodactyla). **Biological Review**, 80: 445-473.
- Reeves, R. R.; Stewart, B. S.; Clapham, P. J.; Powell, J. A. 2002. **Sea Mammals of the World**. A & C Black, London, UK, 527pp.
- Reidenberg, J. S.; Laitman, J. T. 1994. Anatomy of the hyoid apparatus in odontoceti (Toothed Whales): specializations of their skeleton and musculature compared with those of terrestrial mammals. **The Anatomical Record**, 240: 598-624.
- Rommel, S. 1990. Osteology of the bottlenose dolphin. In: Leatherwood, S. & Reeves, R. R. (Eds). **Bottlenose dolphin**. Academic Press, San Diego, USA, p.29-49.
- Santos, M. C. O.; Rosso, S.; Santos, R. A.; Lucato, S. H. B.; Bassoi, M. 2002. Insights on small cetacean feeding habits in southeastern Brazil. **Aquatic Mammals**, 28: 38-45.
- Satake, Y.; Omura, H. 1974. A taxonomic study of the minke whale in the antarctic by means of hyoid bone. **Scientific Reports of the Whales Research Institute**, 26: 15-24.
- Thorpe, M. R. 1938. Notes on the osteology of a beaked whale. **Journal of Mammalogy**, 19 (3): 354-362.
- Weissengruber, G. E.; Forstenpointner, G.; Peters, G.; Kübber-Heis, A.; Fitch, W. T. 2002. Hyoid apparatus and pharynx in the lion (*Panthera leo*), jaguar (*Panthera onca*), tiger (*Panthera tigris*), cheetah (*Acinonyx jubatus*) and domestic cat (*Felis silvestris* f. *catus*). **Journal of Anatomy**, 201 (3): 195-210.
- Zar, J. 1999. **Biostatistical Analysis**. 4th ed. Prentice Hall Inc., New Jersey, USA, 663pp.